

Practitioner's Docket No.: 008312-0308599  
Client Reference No.: T7MK-03S1497-1

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of:

Confirmation No: UNKNOWN

SOICHI OIKAWA, et al.

Application No.: UNKNOWN

Group No.: UNKNOWN

Filed: March 3, 2004

Examiner: UNKNOWN

For: PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC  
RECORDING/REPRODUCING APPARATUS

**Commissioner for Patents**  
**Mail Stop Patent Application**  
**P.O. Box 1450**  
**Alexandria, VA 22313-1450**

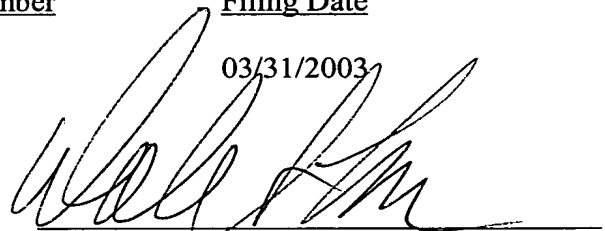
**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is  
claimed for this case:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
Japan	2003-097318	03/31/2003

Date: March 3, 2004

PILLSBURY WINTHROP LLP  
P.O. Box 10500  
McLean, VA 22102  
Telephone: (703) 905-2000  
Facsimile: (703) 905-2500  
Customer Number: 00909



Dale S. Lazar  
Registration No. 28872

03S1497-1

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    3 月 3 1 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 9 7 3 1 8  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 0 9 7 3 1 8 ]

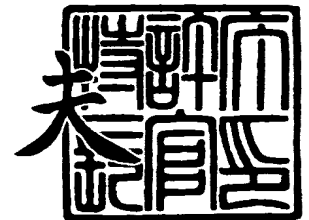
出      願      人  
Applicant(s):                      株式会社東芝  
  昭和電工株式会社



2 0 0 3 年 1 0 月    7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 2 5 8 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000301192

【提出日】 平成15年 3月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/716

【発明の名称】 垂直磁気記録媒体及び磁気記録再生装置

【請求項の数】 12

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅事業所内

    【氏名】 及川 壮一

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅事業所内

    【氏名】 岩崎 剛之

【発明者】

    【住所又は居所】 千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電工エイチ・ディー株式会社内

    【氏名】 酒井 浩志

【発明者】

    【住所又は居所】 千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電工エイチ・ディー株式会社内

    【氏名】 坂脇 彰

【発明者】

    【住所又は居所】 千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電工エイチ・ディー株式会社内

    【氏名】 清水 謙治

## 【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

## 【特許出願人】

【識別番号】 000002004

【氏名又は名称】 昭和電工株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108855

【弁理士】

【氏名又は名称】 蔵田 昌俊

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705037

【包括委任状番号】 0012634

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 垂直磁気記録媒体及び磁気記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非磁性基板と、該非磁性基板上に設けられ、垂直磁気異方性を有する強磁性下地層、及び該強磁性下地層上に積層された弱磁性下地層を含む積層下地層と、該弱磁性下地層上に設けられた垂直磁気記録層とを具備する垂直磁気記録媒体であって、

前記強磁性下地層は、 $39.5 \text{ kA/m}$  ( $0.5 \text{ kOe}$ ) 以下の垂直保磁力を有し、前記弱磁性下地層は、 $50 \text{ emu/cc}$  ないし  $150 \text{ emu/cc}$  の飽和磁化  $M_s$  を有することを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 2】 前記非磁性基板と前記積層下地層との間にさらに軟磁性裏打ち層を設けることを特徴とする請求項 1 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 3】 前記軟磁性裏打ち層は、コバルトと、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ、タンタル、チタン、及びイットリウムからなる群より選択された少なくとも 1 種とを含むことを特徴とする請求項 2 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 4】 前記非磁性基板と前記軟磁性裏打ち層の間に、コバルトを含有する面内硬磁性層を設けることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 5】 前記積層下地層は、前記強磁性下地層の基板側表面に積層され、該強磁性下地層の結晶配向を制御するための、平均粒径  $3 \text{ nm}$  以下の微細結晶構造を有する配向制御層をさらに含む請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 6】 前記配向制御層は、タンタル、ニオブ、コバルト、ニッケル、及び炭素からなる群より選択された少なくとも 1 種を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 7】 前記強磁性下地層は、 $300 \text{ emu/cc}$  ないし  $1000 \text{ emu/cc}$  の飽和磁化  $M_s$  を有することを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 8】 前記弱磁性下地層は、 $5$  ないし  $20 \text{ nm}$  の厚さを有すること

を特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 9】 前記強磁性下地層は、0.5 ないし 5 nm の厚さを有することを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 10】 前記強磁性下地層、前記弱磁性下地層、及び前記垂直磁気記録層のうち少なくとも 1 つの層は、コバルト、クロム、及びプラチナを含有することを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 11】 請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体と記録再生ヘッドとを具備することを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項 12】 前記記録再生ヘッドは、単磁極記録ヘッドである請求項 1 に記載の磁気記録再生装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気記録技術を用いたハードディスク装置等に用いられる磁気記録媒体、及びそれを用いた磁気記録再生装置に関する。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

垂直磁気記録方式は、従来、媒体の面内方向に向けられていた磁気記録層の磁化容易軸を媒体の垂直方向に向けることにより、記録ビット間の境界である磁化遷移領域付近での反磁界が小さくなるため、記録密度が高くなるほど静磁的に安定となって熱揺らぎ耐性が向上することから、面記録密度の向上に適した方式である。

#### 【0003】

また、基板と垂直記録層との間に軟磁性材料からなる裏打ち層を設けた場合には、単磁極ヘッドと組み合わせることにより、いわゆる垂直二層媒体として機能し、高い記録能力を得ることができる。このとき、軟磁性裏打ち層は磁気ヘッドからの記録磁界を還流させる役割を果たしており、記録再生効率を向上させることができる。

#### 【0004】

しかしながら、垂直二層媒体においては、垂直磁気記録層の結晶配向や結晶粒径を制御するための下地層を、軟磁性裏打ち層上に形成しなければならないため、下地層の結晶性が軟磁性層の結晶性の影響を受けるという制限が付く。さらに、より高い記録能力や記録分解能を得るためには、単磁極ヘッドと軟磁性裏打ち層のスペーシングを狭める必要があるため、下地層の厚さも薄くする必要があるなど、下地層に対する要求は厳しい。

#### 【0005】

このような制限の中で記録層の粒子を微細化し、媒体ノイズを低減するための方法として、数多くの提案がなされている。例えばC<sub>r</sub>の組成分布が膜厚方向に変化している磁性層の多層構造、あるいは磁気特性の異なる垂直磁性層の間に50 emu/cc未満のM<sub>s</sub>を有する下地層を設ける構成がある（例えば、特許文献1参照）。

#### 【0006】

しかしながら、断続的に製膜した多層構造や膜厚方向にC<sub>r</sub>組成が変化する多層構造では、微粒子化の効果が十分ではなく、磁性層間の磁気的な結合の制御も十分でないなどの問題や、中間層を非磁性または弱磁性層とした場合は厚さを厚くすると媒体全体の磁気特性が低下してしまうなどの問題があった。

#### 【0007】

##### 【特許文献1】

特開平11-296833号公報

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記事情を鑑みてなされたものであり、垂直磁気記録層の磁性粒子の粒径が微細化され、媒体ノイズが低く高密度記録に好適な垂直磁気記録媒体を得ることを目的とする。

#### 【0009】

また、本発明は、垂直磁気記録層の磁性粒子の粒径が微細化され、媒体ノイズが低い垂直磁気記録媒体を用い、高密度記録に好適な磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、非磁性基板と、該非磁性基板上に設けられ、垂直磁気異方性を有する強磁性下地層、及び該強磁性下地層上に積層された弱磁性下地層を含む積層下地層と、該弱磁性下地層上に設けられた垂直磁気記録層とを具備する垂直磁気記録媒体であって、

前記強磁性下地層は、 $39.5 \text{ kA/m}$  ( $0.5 \text{ kOe}$ ) 以下の垂直保磁力を有し、前記弱磁性下地層は、 $50 \text{ emu/cc}$  ないし  $150 \text{ emu/cc}$  の飽和磁化を有することを特徴とする垂直磁気記録媒体を提供する。

## 【0011】

本発明はまた、非磁性基板、該非磁性基板上に設けられ、垂直磁気異方性を有する強磁性下地層及び該強磁性下地層上に積層された弱磁性下地層を含む積層下地層、及び該弱磁性下地層上に設けられた垂直磁気記録層と、記録再生ヘッドとを含む磁気記録再生装置であって、

前記強磁性下地層は、 $39.5 \text{ kA/m}$  ( $0.5 \text{ kOe}$ ) 以下の垂直保磁力を有し、前記弱磁性下地層は、 $50 \text{ emu/cc}$  ないし  $150 \text{ emu/cc}$  の飽和磁化  $M_s$  を有することを特徴とする磁気記録再生装置を提供する。

## 【0012】

## 【発明の実施の形態】

本発明の垂直磁気記録媒体は、非磁性基板と、非磁性基板上に設けられた積層下地層と、積層下地層上に設けられた垂直磁気記録層とを有し、この積層下地層は、基板側から順に強磁性下地層、及び弱磁性下地層を含む。

## 【0013】

本発明に使用される強磁性下地層は、垂直磁気異方性を有し、 $39.5 \text{ kA/m}$  ( $0.5 \text{ kOe}$ ) 以下の垂直保磁力  $H_c$  をもち、また、本発明に使用される弱磁性下地層は、その飽和磁化  $M_s$  は、 $50 \text{ emu/cc}$  ないし  $150 \text{ emu/cc}$  である。

## 【0014】

なお、本発明では、飽和磁化  $M_s$  が  $150 \text{ emu/cc}$  以下の場合を弱磁性と

する。

【0015】

また、本発明の磁気記録再生装置は、上述の垂直磁気記録媒体を適用した装置であって、この垂直磁気記録媒体と、記録再生ヘッドとを有する。

【0016】

本発明によれば、垂直異方性を有し、垂直保磁力  $H_c$  及び角型比  $R_s$  が小さい強磁性下地層を用いることにより、弱磁性下地層が初期成長段階から微粒子化され、またその結晶配向が改善されるので、その上に形成される垂直磁気記録層の粒径が微細化し、媒体ノイズを低減することができる。

【0017】

また、弱磁性下地層は、強磁性下地層よりも弱い飽和磁化を有し、強磁性下地層と垂直磁気記録層の間に適度な大きさの交換結合が生じ、すなわち磁氣的相互作用を働かせ、垂直磁気記録媒体全体の磁気特性の劣化を防止する効果がある。また、下地層が多層構造を有することにより、媒体ノイズが低減し得る。

【0018】

図1に本発明にかかる垂直磁気記録媒体の第1の例の構成を表す概略的な断面図を示す。

【0019】

図示するように、この垂直磁気記録媒体10は、非磁性基板1上に強磁性下地層2及び弱磁性下地層3からなる積層下地層4、及び垂直磁気記録層5が順に形成された構成を有する。

【0020】

本発明に用いられる非磁性基板と積層下地層との間には、さらに軟磁性裏打ち層を設けることができる。

【0021】

図2に、本発明にかかる垂直磁気記録媒体の第2の例の構成を表す概略的な断面図を示す。

【0022】

図示するように、この垂直磁気記録媒体20は、非磁性基板1と積層下地層4

との間に軟磁性裏打ち層 6 が形成されている以外は、図 1 に示す垂直磁気記録媒体と同様の構成を有する。

#### 【0023】

軟磁性裏打ち層を設けると、その上に形成される強磁性下地層が整合成長しないため、強磁性下地層の  $H_c$  及び  $R_s$  がさらに小さくなる。

#### 【0024】

また、高透磁率な軟磁性裏打ち層を設けることにより、軟磁性裏打ち層上に垂直磁気記録層を有するいわゆる垂直二層媒体が構成される。この垂直二層媒体において、軟磁性裏打ち層は、垂直磁気記録層を磁化するための磁気ヘッド例えば単磁極ヘッドからの記録磁界を、水平方向に通して、磁気ヘッド側へ還流させるという磁気ヘッドの機能の一部を担っており、磁界の記録層に急峻で十分な垂直磁界を印加させ、記録再生効率を向上させる役目を果たし得る。

#### 【0025】

軟磁性裏打ち層には、Fe、Ni、Coを含む材料を用いることができる。このような材料として、FeCo系合金例えばFeCo、FeCoVなど、FeNi系合金例えばFeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど、FeAl系合金、FeSi系合金例えばFeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu、FeAlOなど、FeTa系合金例えばFeTa、FeTaC、FeTaNなど、FeZr系合金例えばFeZrNなどを挙げることができる。

#### 【0026】

また、Feを60at%以上含有するFeAlO、FeMgO、FeTaN、FeZrN等の微結晶構造、あるいは微細な結晶粒子がマトリクス中に分散されたグラニューラー構造を有する材料を用いることができる。

#### 【0027】

また、軟磁性裏打ち層の他の材料として、Coと、Zr、Hf、Nb、Ta、Ti、及びYのうち少なくとも1種とを含有するCo合金を用いることができる。Coは、好ましくは80at%以上含まれる。このようなCo合金は、スパッタ法により製膜した場合にアモルファス層が形成されやすく、アモルファス軟磁

性材料は、結晶磁気異方性、結晶欠陥および粒界がないため、非常に優れた軟磁性を示す。また、このアモルファス軟磁性材料を用いることにより、媒体の低ノイズ化を図ることができる。

#### 【0028】

好適なアモルファス軟磁性材料としては、例えばCoZr、CoZrNb、及びCoZrTa系合金などを挙げることができる。

#### 【0029】

非磁性基板と軟磁性裏打ち層の間に、面内硬磁性層好ましくはCoを含む面内硬磁性層をさらに設けることができる。

#### 【0030】

図3に、本発明の垂直磁気記録媒体の第3の例を表す概略的な断面図を示す。

#### 【0031】

図示するように、この垂直磁気記録媒体30は、非磁性基板1と軟磁性層6との間に面内硬磁性層7が形成されている以外は、図2と同様の構成を有する。

#### 【0032】

軟磁性裏打ち層は磁区を形成しやすく、この磁区からスパイク状のノイズが発生することから、面内硬磁性層の半径方向の一方向に磁界を印加することにより、その上に形成された軟磁性裏打ち層にバイアス磁界をかけて磁壁の発生を防ぐことができる。

#### 【0033】

面内硬磁性層としては、例えばCoCrPt合金や、CoSm合金を用いるのが好適である。面内硬磁性層の保磁力は、 $39500\text{ A/m}$  ( $500\text{ Oe}$ ) 以上、好ましくは $79000\text{ A/m}$  ( $1000\text{ Oe}$ ) 以上であることが好ましい。面内硬磁性層の厚さは、好ましくは5ないし $150\text{ nm}$ 、より好ましくは $10\text{ nm}$ ないし $70\text{ nm}$ である。面内硬磁性層の結晶配向を制御するために、非磁性基板と面内硬磁性層との間にCr合金材料やB2構造材料を用いることができる。

#### 【0034】

軟磁性裏打ち層と積層下地層との間には、酸化層を設けることができる。

#### 【0035】

このような酸化層は、配向のない状態であるため、その表面上に薄膜を形成する場合、特に成長の初期段階において良好な結晶配向が得難くなるという効果がある。

#### 【0036】

酸化層は、例えば軟磁性裏打ち層を形成した後、酸素を含む雰囲気曝す方法や、軟磁性裏打ち層の表面に近い部分を成膜する際のプロセス中に酸素を導入する方法により形成することができる。具体的には、軟磁性裏打ち層の表面を酸素に曝す場合には、酸素単体、あるいは酸素をアルゴンや窒素などのガスで希釈したガス雰囲気中に0.3～20秒程度保持することができる。また、大気中に暴露することにより形成することもできる。

#### 【0037】

特に、酸素をアルゴンや窒素などのガスで希釈したガスを用いる場合には、軟磁性裏打ち層表面の酸化の度合いの調節が容易になるので、安定した製造を行うことができる。また、軟磁性裏打ち層の成膜用のガスに酸素を導入する場合には、例えば成膜法としてスパッタ法を用いるならば、成膜時間の1部のみに酸素を導入したプロセスガスを用いてスパッタを行なうことができる。

#### 【0038】

また、本発明の垂直磁気記録媒体の積層下地層には、さらに、強磁性下地層の結晶配向を制御するための配向制御層を設けることができる。

#### 【0039】

図4に、本発明の垂直磁気記録媒体の第4の例を表す概略的な断面図を示す。

#### 【0040】

図示するように、この垂直磁気記録媒体40は、非磁性基板1上に、配向制御層8、強磁性下地層2、及び弱磁性下地層3からなる積層下地層9と、垂直磁気記録媒体5とが積層された構成を有する。

#### 【0041】

この配向制御層は、強磁性下地層の基板側表面上に設けられ、平均粒径が3nm以下の微細結晶構造を有し、これにより、積層下地層は、基板側から順に配向制御層、強磁性下地層、及び弱磁性下地層が積層された多層構造となる。

## 【0042】

微結晶で十分な結晶配向を持たない配向制御層を強磁性下地層の下地として用いることにより、強磁性下地層の整合成長が起きず、初期成長段階での垂直異方性が低下しやすくなることから、垂直保磁力  $H_c$  の低い強磁性層を容易に作成できる。

## 【0043】

配向制御層の材料として、Ta、Nb、Co、Ni、及びCからなる群より選択された少なくとも1種を含むことが好ましく、例えばTa、Nb、NiTa、NiNb、CoTa、CoNb、NiTaC、NiNbC、CoNiTa、及びCoNiNb等の合金を用いることができる。これらの材料を用いることにより、それ自体十分な結晶配向を持たない微結晶構造の配向制御層が得られる。上記の材料の他、CoWやCoNd合金を配向制御層に用いても同様の効果が得られる。

## 【0044】

配向制御層の飽和磁化  $M_s$  は、0ないし  $200 \text{ emu/cc}$  であることが好ましい。配向制御層の  $M_s$  が  $200 \text{ emu/cc}$  を超えると、配向制御層から発生するノイズにより記録再生特性が悪化する傾向がある。また、配向制御層の組成は記録再生特性が最良となるように決めるのが望ましく、最適組成が磁化を持っても構わないが、特に磁化を持っている必要はない。一般に、ノイズの発生を考慮すると、 $M_s$  は低い方が良く考えられる。

## 【0045】

配向制御層の厚さは、好ましくは  $1 \text{ nm}$  ないし  $20 \text{ nm}$ 、より好ましくは  $1$  ないし  $12 \text{ nm}$  である。配向制御層の厚さが  $1 \text{ nm}$  ないし  $20 \text{ nm}$  であるとき、垂直磁気記録層の垂直配向性が特に高くなり、かつ記録時における磁気ヘッドと軟磁性裏打ち層との距離を小さくすることができるので、再生信号の分解能を低下させることなく記録再生特性をより高めることが可能である。

## 【0046】

本発明に使用される強磁性下地層は、0ないし  $0.5 \text{ kOe}$  の垂直保磁力を有することが好ましい。強磁性下地層は、記録ヘッドから遠い位置にあるために、

$H_c$  が  $39.5 \text{ kA/m}$  ( $0.5 \text{ kOe}$ ) を超えると、十分な記録が困難となる。 $R_s$  も高いとさらにノイズ源となることが考えられるが、本発明では、 $H_c$ 、 $R_s$  が低いことによりノイズが増加しない。

#### 【0047】

また、その飽和磁化は、弱磁性下地層の飽和磁化より大きく、より好ましくは、 $300 \text{ emu/cc}$  ないし  $1000 \text{ emu/cc}$  である。

#### 【0048】

強磁性下地層の飽和磁化を弱磁性下地層よりも大きくすることにより、弱磁性下地層の初期成長段階からの微粒子化をより効果的にせしめ、その上に形成される垂直磁気記録層の粒径を微細化することで、媒体ノイズをより低減することができる。この飽和磁化は  $300 \text{ emu/cc}$  未満であると、おそらくは磁化によって生じる微粒子化の効果が薄れることにより、強磁性下地層を形成しても媒体ノイズの低減効果が小さくなる傾向がある。また、飽和磁化が  $1000 \text{ emu/cc}$  を超えると、おそらくは偏析が不十分となって強磁性下地層の実質的な粒径が大きくなることにより、媒体ノイズが大きくなりやすい傾向がある。

#### 【0049】

また、本発明に用いられる、垂直磁気異方性を有する強磁性下地層は、 $0.5$  ないし  $5 \text{ nm}$  の厚さを有することが好ましい。

#### 【0050】

強磁性下地層の厚さを比較的薄くすることによって、 $H_c$  が低下する。また、垂直二層媒体におけるヘッドと軟磁性層間のスペーシングを低減し得る。強磁性下地層の厚さが  $0.5 \text{ nm}$  未満であると、一様な薄膜を形成しなくなるためか媒体ノイズの低減効果が小さくなる傾向があり、 $5 \text{ nm}$  を超えると、十分な記録が困難になる傾向がある。

#### 【0051】

強磁性下地層の材料としては、例えば、 $\text{CoCrPt}$  に  $\text{Mo}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{Ir}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Nd}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{W}$ 、及び  $\text{Nd}$  からなる群より選択された少なくとも一種を添加した合金や、 $\text{CoCr}$  系合金、 $\text{CoPt}$  系合金、 $\text{CoPtO}$ 、 $\text{CoPtCrO}$ 、 $\text{CoPtSi}$ 、 $\text{CoPtCrSi}$ 、 $\text{CoPtSiO}$ 、及

び  $\text{CoPtCrSiO}$  などを使用することができる。

【0052】

より好ましくは、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、及び  $\text{Pt}$  を主に含む合金層、例えば  $\text{CoCrPtMo}$ 、 $\text{CoCrPtTa}$ 、 $\text{CoCrPtB}$ 、 $\text{CoCrTa}$ 、及び  $\text{CoCrPt}$  を使用することができる。

【0053】

本発明に使用される弱磁性下地層は、 $50 \text{ emu/cc}$  ないし  $150 \text{ emu/cc}$  の飽和磁化  $M_s$  を有する。

【0054】

飽和磁化が  $50 \text{ emu/cc}$  未満であると、強磁性下地層が磁気記録層とは磁氣的に独立に機能して、磁氣的相互作用が働かないため、強磁性下地層の  $H_c$ 、 $R_s$  の低さが媒体全体の磁気特性を大きく劣化させる。一方、 $150 \text{ emu/cc}$  を超えると、弱磁性中間層自体から発生するノイズが増加して記録再生特性を悪化させるという不利点がある。

【0055】

弱磁性下地層は、好ましくは  $30 \text{ nm}$  以下、より好ましくは  $5$  ないし  $20 \text{ nm}$  の厚さを有する。

【0056】

弱磁性下地層を、比較的厚くすることは、その上に形成される垂直磁気記録層の結晶性を改善して媒体ノイズを低減する効果があり、さらに、強磁性下地層及び垂直磁気記録層間の磁性粒子を磁氣的に結び付ける相互作用も適度に弱まるため、これら2つの垂直磁化膜の磁性粒子が独立して反転する効果が現れて、実質的に多層構造として働くことにより媒体ノイズが低減され得る。弱磁性下地層の厚さが  $5 \text{ nm}$  未満であると、その上に形成される垂直磁気記録層の結晶性が低下して磁気特性および記録再生特性が悪化し、また、多層効果が得難くなることによっても記録再生特性が悪化する傾向がある。一方、 $20 \text{ nm}$  を超えると、垂直磁気記録層と軟磁性下地膜との距離が大きくなることによる再生波形の歪みや、磁気ヘッドと軟磁性下地膜との距離が大きくなることにより、記録が不十分となって媒体ノイズが増加しやすい傾向がある。

## 【0057】

弱磁性下地層の材料としては、例えば、CoCrにPt、B、Ta、Mo、Nb、Hf、Ir、Cu、Ru、Nd、Zr、W、及びNdからなる群より選択された少なくとも一種を添加した合金や、CoにRu、Rh、Pd、Pt、Si、Ge、O、及びNからなる群より選択された少なくとも一種を添加した合金などを使用することができる。

## 【0058】

より好ましくは、CoCrを主に含み、さらにPt、B、Taを含んだ合金を用いるのが好適である。この合金層のCoの含有量は30ないし70at%であり、HCP（六方最密）構造を有することが好ましい。CoCrを主に含む合金層を設けると、垂直磁気記録層の垂直配向を高めることができるので、保磁力や垂直角型比などの磁気特性、媒体ノイズや記録分解能などの記録再生特性、および熱揺らぎ耐性をさらに向上させることができるという利点がある。

## 【0059】

さらに好ましくは、Co、Cr、及びPtを含む。

## 【0060】

弱磁性下地層は、Co、Cr、及びPtに加えて、さらにBを含み、好ましくはCrとBを合計23ないし35at%、より好ましくは27at%ないし33at%含有する。

## 【0061】

弱磁性下地層のCr含有量及びB含有量の合計を、27at%ないし33at%とすることにより、飽和磁化Msを50emu/ccないし150emu/ccとすることができる。

## 【0062】

非磁性基板としては、例えばガラス基板、Al系合金基板、セラミック、カーボンや、酸化表面を有するSi単結晶基板、及びこれらの基板にNiP等のメッキが施されたもの等を用いることができる。

## 【0063】

ガラス基板としては、アモルファスガラス、結晶化ガラスがあり、アモルファ

スガラスとしては汎用のソーダライムガラス、アルミノシリケートガラスを使用できる。また、結晶化ガラスとしては、リチウム系結晶化ガラスを用いることができる。セラミック基板としては、汎用の酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素などを主成分とする焼結体や、これらの繊維強化物などが使用可能である。

#### 【0064】

本発明に用いられる垂直磁気記録層は、Co、Cr、及びPtを主成分とすることが好ましい。Crの含有量は、好ましくは14at%ないし24at%、より好ましくは16at%ないし22at%である。Ptの含有量は、好ましくは10at%ないし24at%、より好ましくは、14at%ないし20at%である。

#### 【0065】

さらに好ましくは、Bを0.1ないし5at%添加することができる。これにより磁性粒子間の交換結合を低減することができ、記録再生特性を改善することが可能となる。

#### 【0066】

Crの含有量が14at%未満であると、磁性粒子間の交換結合が大きくなり、媒体ノイズが増大する傾向がある。また、Crの含有量が24at%を超えると、保磁力および垂直角型比が低下する傾向がある。

#### 【0067】

Ptの含有量が10at%未満であると、記録再生特性の改善効果が不十分であるとともに、垂直角型比が低下し熱揺らぎ耐性が悪化する傾向がある。また、Ptの含有量が24at%を超えると、媒体ノイズが増大する傾向がある。

#### 【0068】

CoCrPt系合金においては、B以外にも任意の元素を添加することができる。特に限定されるものではないが、任意の元素として、Ta、Mo、Nb、Hf、Ir、Cu、Ru、Nd、Zr、W、及びNdなどを挙げることができる。

#### 【0069】

また、垂直磁気記録層としては、上記の他、CoCr系合金、CoPt系合金

、CoPtO、CoPtCrO、CoPtSi、CoPtCrSi、CoPtSiO、CoPtCrSiO、およびPt、Pd、Rh、およびRuからなる群より選択された少なくとも一種を主成分とする合金とCoとの多層構造、さらに、これらにCr、BおよびOを添加したCoCr/PtCr、CoB/PdB、CoO/RhOなどを使用することができる。

#### 【0070】

垂直磁気記録層の厚さは、好ましくは5ないし60nm、より好ましくは10ないし40nmである。この範囲であると、より高記録密度に適した磁気記録再生装置として動作し得る。垂直磁気記録層の厚さが5nm未満であると、再生出力が低過ぎてノイズ成分の方が高くなる傾向があり、垂直磁気記録層の厚さが40nmを超えると、再生出力が高過ぎて波形を歪ませる傾向がある。

#### 【0071】

垂直磁気記録層の保磁力は、237000A/m (3000Oe) 以上とすることが好ましい。保磁力が237000A/m (3000Oe) 未満であると、熱揺らぎ耐性が劣る傾向がある。

#### 【0072】

垂直磁気記録層の垂直角型比は、0.8以上であることが好ましい。垂直角型比が0.8未満であると、熱揺らぎ耐性に劣る傾向がある。

#### 【0073】

垂直磁気記録層上には、保護層を設けることができる。

#### 【0074】

保護層は、垂直磁気記録層の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぐ目的設けられる。その材料としては、例えばC、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>を含むものがあげられる。

#### 【0075】

保護層の厚さは、1ないし10nmとすることが好ましい。これにより、ヘッドと媒体の距離を小さくできるので、高密度記録に好適である。

#### 【0076】

また、保護層上には、潤滑層を設けることができる。

**【0077】**

潤滑層に使用される潤滑剤としては、従来公知の材料、例えばパーフルオロポリエーテル、フッ化アルコール、フッ素化カルボン酸などを用いることができる。

**【0078】**

また、本発明の磁気記録再生装置は、例えば上述の磁気記録媒体と、磁気記録媒体を支持及び回転駆動する駆動機構と、垂直磁気記録媒体に対して情報の記録を行うための素子及び記録された情報の再生を行うための素子を有する磁気ヘッドと、磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して移動自在に支持したキャリッジアセンブリとを具備する。

**【0079】**

さらに、図5に、本発明の磁気記録再生装置の一例を一部分解した斜視図を示す。

**【0080】**

本発明に係る情報を記録するための剛構成の磁気ディスク121はスピンドル122に装着されており、図示しないスピンドルモータによって一定回転数で回転駆動される。磁気ディスク121にアクセスして情報の記録を行う記録ヘッド及び情報の再生を行うためのMRヘッドを搭載したスライダ123は、薄板状の板ばねからなるサスペンション124の先端に取付けられている。サスペンション124は図示しない駆動コイルを保持するボビン部等を有するアーム125の一端側に接続されている。

**【0081】**

アーム125の他端側には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ126が設けられている。ボイスコイルモータ126は、アーム125のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、それを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークにより構成される磁気回路とから構成されている。

**【0082】**

アーム125は、固定軸127の上下2カ所に設けられた図示しないボールベ

アリングによって保持され、ボイスコイルモータ 126 によって回転揺動駆動される。すなわち、磁気ディスク 121 上におけるスライダ 123 の位置は、ボイスコイルモータ 126 によって制御される。なお、図 5 中、128 は蓋体を示している。

### 【0083】

#### 【実施例】

以下、実施例を示し、本発明を具体的に説明する。

### 【0084】

#### 実施例 1

非磁性基板として、ディスク状の洗浄済みのガラス基板（オハラ社製、外直径 2.5 インチ）を用意した。

### 【0085】

このガラス基板を DC マグネトロンスパッタ装置（アネルバ社製 C-3010）の成膜チャンバ内に収容して、到達真空度  $2 \times 10^{-5}$  Pa となるまで成膜チャンバ内を排気した後、約 200℃ まで加熱し、ガス圧 0.6 Pa の Ar 雰囲気中で以下のように、スパッタリングを順次行った。

### 【0086】

非磁性基板上に、まず、非磁性下地層として厚さ 40 nm の CrMo 合金層を形成した。

### 【0087】

その上に、厚さ 40 nm の Co-22 at% Cr-13 at% Pt 硬磁性層を積層し、面内配向の硬磁性層を作製した。

### 【0088】

その上に軟磁性層裏打ち層として、厚さ 250 nm の Co-5 at% Zr-8 at% Nb 合金を形成した後、一旦基板を真空容器から大気中に取り出した。

### 【0089】

大気中で冷却された基板を真空容器内に戻し、約 300℃ まで加熱して再びガス圧 0.6 Pa の Ar 雰囲気中で、以下のように、DC マグネトロンスパッタリングを行った。

## 【0090】

先ず、厚さ 5 nm の Ni-40 at % Ta 配向制御層を形成した。

## 【0091】

続いて、強磁性下地層として厚さ 3 nm の Co-14 at % Cr-14 at % Pt-5 at % Mo 合金層を形成した。

## 【0092】

次に、厚さ 12 nm の Co-26 at % Cr-12 at % Pt-4 at % B 合金からなる弱磁性下地層を形成した。

## 【0093】

その後、垂直磁気記録層として厚さ 16 nm の Co-14 at % Cr-14 at % Pt-5 at % Mo 合金層を形成した。

## 【0094】

続いて、得られた垂直磁気記録層上に 7 nm の C 保護層を形成した。

## 【0095】

上述のように、スパッタリングに供された基板を真空容器から取り出し、ディッピング法により、保護層上にパーフルオロポリエーテルからなる潤滑層を形成して、垂直磁気記録媒体を得た。

## 【0096】

得られた垂直磁気記録媒体の概略的な断面図を図 6 に示す。

## 【0097】

図示するように、この垂直磁気記録媒体 50 は、非磁性基板 1 上に、非磁性下地層 21 と、面内硬磁性層 17 と、軟磁性裏打ち層 16 と、配向制御層 18、強磁性下地層 12、及び弱磁性下地層 13 からなる積層下地層 19 と、垂直磁気記録層 15 と、保護層 22 と、図示しない潤滑層とが順に積層された構成を有する。

## 【0098】

得られた垂直磁気記録媒体に対し、専用に作製した電磁石による着磁装置を用いて、ディスク状基板の半径方向外向きに 15 kOe の磁界を印加し、CoCrPt 面内硬磁性層の半径方向への着磁を行った。なお、以下の垂直磁気記録媒体

については、特に断らない限り全て着磁操作を行ったものとする。

#### 【0099】

このようにして作製した垂直磁気記録媒体について、米国G U Z I K社製リードライトアナライザ1632及びスピNSTAND S1701MPを用いて、記録再生特性の評価を行った。また、記録再生用のヘッドは、記録部に単磁極、及び再生素子に磁気抵抗効果を利用したヘッドを用いた。

#### 【0100】

再生信号出力／媒体ノイズ比（S／Nm）の評価においては、再生信号出力Sは線記録密度50kFCI、S／Nmは線記録密度500kFCIにおける値を用いた。

#### 【0101】

その結果、ディスク全面においてスパイク状雑音は全く観測されず、S／Nmは20.2dBという良好な値が得られた。

#### 【0102】

また、極K e r r効果測定装置を用いて、掃引時間を300秒ないし15秒まで変化させて、磁化曲線の測定を行った。ヒステリシスループにおける保磁力 $H_c$ と掃引時間から、磁化の反転単位 $v$ とその飽和磁化 $I_{sb}$ の積である活性化磁気モーメント（ $v \cdot I_{sb}$ ）の大きさを求めたところ、 $0.95 \times 10^{-15} \text{ emu}$ という小さい値が得られた。

#### 【0103】

また、透過型電子顕微鏡（TEM）を用いて媒体の断面構造の観察を行ったところ、C o Z r N b 軟磁性裏打ち層とN i T a 配向制御層との間に厚さ2nm程度の白い層が観察されたことから、途中で大気暴露を行ったことにより、C o Z r N b 軟磁性裏打ち層の表層に酸化層が形成されたことが分かった。

#### 【0104】

さらにTEMを用いてN i T a 配向制御層の平面構造の観察を行ったところ、明瞭な結晶粒や結晶粒界は観察されず、直径2～3nm程度の粒子らしきものが点在する構造となっていた。X線回折（XRD）装置による $\omega - 2\theta$ スキンの結果においては、N i T a 層のピークは観察されなかったものの、制限視野回折

像においては、弱いながらも HCP（六方最密）構造に相当するリングが観察されたことから、NiTa 配向制御層は微結晶構造を取るものと推定される。

#### 【0105】

##### 比較例 1

配向制御層を形成した後、強磁性下地層である Co-14at%Cr-14at%Pt-5at%Mo 合金層を形成せずに、弱磁性下地層を形成する以外は、実施例 1 と同様にして、垂直磁気記録媒体を得た。

#### 【0106】

得られた垂直磁気記録媒体について、実施例 1 と同様に、記録再生特性の評価を行ったところ、S/Nm は 19.2 dB であった。

#### 【0107】

また、実施例 1 と同様の方法で  $v \cdot I s b$  の測定を行ったところ、 $1.03 \times 10^{-15} \text{ emu}$  であった。

#### 【0108】

実施例 1 と比べると S/Nm が低く、 $v \cdot I s b$  も実施例 1 よりも大きな値であった。

#### 【0109】

実施例 1 で良好な S/Nm が得られたのは、このような活性化磁気モーメントの低減に起因したものと考えられる。よって、CoCrPtMo 強磁性下地層を形成すると、媒体ノイズを低減し得る効果があることが分かった。

#### 【0110】

##### 実施例 2

CoCrPtMo 強磁性下地層の磁性およびその垂直磁気記録層への影響を調べるために、まず、振動試料型磁力計 (VSM) による評価用の試験用媒体の作製を行った。

#### 【0111】

VSM 測定においては、CoZrNb 軟磁性裏打ち層が形成されている場合、垂直磁気記録層だけでなく、この軟磁性裏打ち層の磁化も合わせて測定されてしまうため、相対的に磁化が小さく層厚も薄い垂直磁気記録層の磁気特性を十分に

評価することができない。そこで、基板加熱時に上記の記録再生特性評価用の媒体と同等の表面温度を得るために、ガラス基板上に、面内硬磁性層及び軟磁性裏打ち層の代わりに、厚さ150nmのNi-40at%Ta層、厚さ10nmのC層を順次形成した非磁性の裏打ち層付きの基板を作製した。一旦媒体を真空容器から大気中に取り出した。

#### 【0112】

この非磁性裏打ち基板を使用し、実施例1と同様にして、NiTa配向制御層、CoCrPtMo強磁性下地層、CoCrPtB弱磁性下層、CoCrPtMo垂直磁気記録層、及びC保護層を順次形成し、試験用媒体を得た。

#### 【0113】

得られた試験用媒体では、極Kerr効果測定において、上記の記録再生特性評価用の媒体とほぼ同様の磁気特性が得られることが確認できた。

#### 【0114】

次に、同様の非磁性裏打ち基板を用い、その上に、先ず、厚さ5nmのNiTa配向制御層、厚さ12nmのCoCrPtB弱磁性下地層、及びC保護層を実施例1と同様の条件で順次形成し、配向制御層／弱磁性下地層試験用媒体を作製した。

#### 【0115】

この試験用媒体の中周付近を1cm<sup>2</sup>角に切り出し、VSMにより膜面垂直方向に磁界を印加して測定したときの磁化曲線を図7に示す。

#### 【0116】

磁性層であるCoCrPtB弱磁性下地層の厚さ $t$ と飽和磁化 $M_s$ の積 $t \cdot M_s$ が約0.1memu/cm<sup>2</sup>であることから、CoCrPtB中間層の $M_s$ は約80emu/ccと推定される。

#### 【0117】

次に、同様の非磁性裏打ち基板上に、厚さ5nmのNiTa配向制御層、厚さ3nmのCoCrPtMo強磁性下地層、及び厚さ12nmのCoCrPtB弱磁性下地層、およびC保護層を順次形成した配向制御層／強磁性下地層／弱磁性下地層試験用媒体を作製した。

## 【0118】

得られた試験用媒体の中周付近を  $1\text{ cm}^2$  角に切り出し、VSMにより膜表面に対し垂直方向に磁界を印加して測定したときの磁化曲線を図8に示す。磁性層である強磁性下地層／弱磁性下地層の合計の厚さ  $t$  と飽和磁化  $M_s$  の積  $t \cdot M_s$  が約  $0.3\text{ memu/cm}^2$  であることから、図7との差分を取ることでより CoCrPtMo 強磁性下地層の  $t \cdot M_s$  は約  $0.2\text{ memu/cm}^2$ 、これより  $M_s$  は約  $670\text{ emu/cc}$  と推定される。

## 【0119】

さらに、同様の非磁性裏打ち基板上に、記録再生特性評価用の媒体と同様に、厚さ  $5\text{ nm}$  の NiTa 配向制御層、厚さ  $3\text{ nm}$  の CoCrPtMo 強磁性下地層、厚さ  $12\text{ nm}$  の CoCrPtB 弱磁性下地層、及び厚さ  $16\text{ nm}$  の CoCrPtMo 垂直磁気記録層、および C 保護層を順次形成した配向制御層／強磁性下地層／弱磁性下地層／垂直磁気記録層試験用媒体を作製した。この媒体の中周付近を  $1\text{ cm}^2$  角に切り出し、VSMにより膜表面垂直方向に磁界を印加して測定したときの磁化曲線を図9に示す。

## 【0120】

磁性層である強磁性下地層／弱磁性下地層／垂直磁気記録層の合計の厚さ  $t$  と飽和磁化  $M_s$  の積  $t \cdot M_s$  が約  $0.9\text{ memu/cm}^2$  であることから、図8との差分を取ることでより CoCrPtMo 垂直磁気記録層の  $t \cdot M_s$  は約  $0.6\text{ memu/cm}^2$ 、 $M_s$  は約  $380\text{ emu/cc}$  と推定される。

## 【0121】

また、同様の非磁性裏打ち基板上に、厚さ  $5\text{ nm}$  の NiTa 配向制御層、厚さ  $12\text{ nm}$  の CoCrPtB 弱磁性下地層、厚さ  $16\text{ nm}$  の CoCrPtMo 垂直磁気記録層、及び C 保護層を実施例1と同様の条件で、順次形成し、配向制御層／弱磁性下地層／垂直磁気記録層試験用媒体を作製した。

## 【0122】

この試験用媒体の中周付近を  $1\text{ cm}^2$  角に切り出し、VSMにより膜面垂直方向に磁界を印加して測定したときの磁化曲線を図10に示す。

## 【0123】

磁性層である弱磁性下地層／垂直磁気記録層の合計の厚さ  $t$  と飽和磁化  $M_s$  の積  $t \cdot M_s$  が約  $0.7 \text{ memu/cm}^2$  であることから、配向制御層／弱磁性下地層試験用媒体の磁化曲線である図 7 との差分を取ることで、 $\text{CoCrPtMo}$  垂直磁気記録層の  $t \cdot M_s$  は約  $0.6 \text{ memu/cm}^2$ 、 $M_s$  は約  $380 \text{ emu/cc}$  と推定される。これにより、下地層を形成しなくても垂直磁気記録層の飽和磁化の大きさは同じであることが分かった。

#### 【0124】

ここで、強磁性下地層、弱磁性下地層、及び垂直磁気記録層間の磁気的な関係を調べるために、図 9 の磁化曲線から単純に図 8 の磁化曲線を、および図 10 の磁化曲線から単純に図 7 の磁化曲線を、差し引くことにより、 $\text{CoCrPtMo}$  垂直磁気記録層に相当する部分の磁化曲線を取り出してみた結果を、それぞれ図 11 および図 12 に示す。図 10 と図 12 の磁化曲線の形状に違いが見られることから、垂直磁気記録層と弱磁性下地層の間には磁気的相互作用が働いており、さらに、図 11 と図 12 の磁化曲線の形状にも違いが見られることから、強磁性下地層と弱磁性下地層と垂直磁気記録層間にも磁気的な相互作用が働いていて、これら 3 つの層の磁性粒子は一体で反転し、強磁性下地層の磁化は、垂直磁気記録層の磁気特性に影響を与えているものと考えられる。

#### 【0125】

また、強磁性下地層の磁性粒子は、垂直磁気記録層と独立に反転していないということから、強磁性下地層単独の磁気特性が  $H_c$ 、 $R_s$  の低いものであっても、弱磁性下地層及び垂直磁気記録層を含めた全体の磁気特性を必ずしも劣化させたり、独立した媒体ノイズ源として働いたりする訳ではないと考えられる。

#### 【0126】

ここで、図 7 より、 $\text{CoCrPtB}$  弱磁性層は保磁力  $H_c$  および飽和磁化  $M_s$  も小さく、飽和磁界  $H_s$  の大きさが反磁界の大きさが約  $79 \text{ kA/m}$  ( $1 \text{ kOe}$ ) と、ほぼ同程度であることから考えて、垂直磁気異方性はあったとしても小さいものと推定される。これに対して、上記の  $\text{NiTa}$  配向制御層／ $\text{CoCrPtMo}$  強磁性下地層／ $\text{CoCrPtB}$  弱磁性下地層試験用媒体は保磁力は小さいものの、図 8 より飽和磁界の大きさが約  $158 \text{ kA/m}$  ( $2 \text{ kOe}$ ) であり、反磁

界の大きさ  $4\pi Ms$  である約  $663.6 \text{ kA/m}$  ( $8.4 \text{ kOe}$ ) より明らかに小さいことから、明らかに垂直磁気異方性を持っているものと推定される。

#### 【0127】

NiTa 配向制御層上に形成した CoCrPtMo 強磁性下地層は、層厚が  $3 \text{ nm}$  と薄いことから、X線回折測定結果においてその結晶配向を示すピークは見られないが、配向制御層が十分な結晶配向を持たないことから、一般的に考えて最密面が膜面と平行（したがってC軸が膜面垂直方向）に成長していると推定でき、結晶配向的にも磁化容易軸が垂直方向を向きやすくなっているものと考えられる。

#### 【0128】

最密面を膜面と平行に成長させるだけであれば、一般に CoCrPt 系合金層はそのように成長しやすいので、強磁性下地層の形成は特に NiTa 配向制御層上でなくとも良いが、微結晶構造の配向制御層を用いた場合、強磁性下地層を微細化する効果もあるので、このような配向制御層がある方が好ましい。また、配向制御層は明確な結晶配向を持たない方が、強磁性下地層のエピタキシャル成長が起きず、初期成長段階での結晶性が低下、したがって大きな垂直磁気異方性を得難くなることから、保磁力の低い下地層を作製する上で好ましい。

#### 【0129】

##### 実施例 3

NiTa 配向制御層を形成しなかったこと以外は、実施例 1 と同様にして垂直磁気記録媒体を得た。

#### 【0130】

得られた垂直磁気記録媒体について実施例 1 と同様の記録再生特性の評価を行ったところ、線記録密度  $500 \text{ kFCI}$  における  $S/Nm$  は  $19.4 \text{ dB}$  となり、実施例 1 の  $S/Nm$  の方が良好であった。

#### 【0131】

軟磁性裏打ち層表面の酸化層の影響も考えられるが、NiTa 配向制御層は CoCrPtMo 強磁性下地層の構造や磁気特性を適度なものとすることで、媒体ノイズを低減しているものと考えられる。

## 【0132】

配向制御層として、NiTaの代わりにNi-30at%Nbを形成した以外は、実施例1と同様にして垂直磁気記録媒体を作製した。

## 【0133】

得られた垂直磁気記録媒体について比較例1と同様の記録再生特性の評価を行ったところ、線記録密度500kFCIにおけるS/Nmは20.0dBとなり、実施例1とほぼ同等の値が得られた。

## 【0134】

よって、配向制御層としてNiNbを使用した場合にも、NiTa配向制御層と同等の効果が得られることが分かった。

## 【0135】

さらに、配向制御層として、NiTaC、CoNiTa、及びCoTaを用いて同様に垂直磁気記録媒体を作製した。得られた垂直磁気記録媒体について比較例1と同様の記録再生特性の評価を行ったところ、線記録密度500kFCIにおけるS/Nmは、どれも実施例1に対して±0.2dBと、NiTaとほぼ同程度であり、NiTaC、CoNiTa、及びCoTaを用いても同様の効果が得られることが分かった。

## 【0136】

## 比較例2

NiTa配向制御層に加えて、CoCrPtMo強磁性下地層も形成せずに、弱磁性下地層を形成する以外は、実施例3と同様にして、垂直磁気記録媒体を得た。

## 【0137】

得られた垂直磁気記録媒体について、実施例1と同様に、記録再生特性の評価を行ったところ、S/Nmは17.8dBであった。この値は実施例3における配向制御層がなく、強磁性下地層がある場合と比較して明らかにS/Nmが低下している。

## 【0138】

よって、配向制御層を形成していない場合でも、強磁性下地層を形成すると、

媒体ノイズを低減し得る効果があることが分かった。

#### 【0139】

##### 実施例 4

CoCrPtMo 強磁性下地層の厚さを 0.3、0.5、1、2、5、6 nm と種々変更した以外は、実施例 1 と同様にして種々の垂直磁気記録媒体を作製した。

#### 【0140】

得られた垂直磁気記録媒体について実施例 1 と同様の記録再生特性の評価を行ったところ、線記録密度 500 kFCI における  $S/N_m$  は、19.0、19.6、20.0、20.2、19.8、19.2 dB という結果となった。0.5 nm ないし 5 nm で特に媒体ノイズを低減する効果が得られたことから、強磁性下地層の厚さは、好ましくは 0.5 ないし 5 nm であることがわかった。

#### 【0141】

実施例 2 と同様な VSM による磁気特性の評価を行ったところ、配向制御層／強磁性下地層／弱磁性下地層試験用媒体において、強磁性下地層の厚さが 5 nm を超えると、保磁力  $H_c$  が 39.5 kA/m (0.5 kOe) を超えるようになり、磁性層厚  $t$  と残留磁化  $M_r$  の積  $t \cdot M_r$  も明らかに 0 よりも大きくなることが分かった。既に述べた通り、強磁性下地層と垂直磁気記録層間には磁気的な相互作用が働いていて、これら 3 つの層の磁性粒子は一体で反転していると考えられるため、強磁性下地層の  $H_c$  や  $t \cdot M_r$  が増加したからといって、これらがそのまま独立した媒体ノイズ源となるという訳ではないと考えられるが、上記の  $S/N_m$  の評価結果から、やはり層厚 5 nm 以上における  $H_c$  や  $t \cdot M_r$  の増加は媒体ノイズの増加に繋がっているものと考えられる。また、強磁性下地層はヘッドから遠いところにあるため、 $H_c$  が高くなると記録の状態が不十分となってノイズ源となっていることも考えられる。このよう理由により、強磁性下地層の  $H_c$  が 39.5 kA/m (0.5 kOe) 以下の場合に良好な  $S/N_m$  が得られたものと考えられる。

#### 【0142】

また、強磁性下地層に起因するノイズを抑制し、効果的に媒体ノイズを低減す

るためには、強磁性下地層の  $H_c$  と  $t \cdot M_r$  を十分に小さく抑えておく必要があり、さらに、垂直二層媒体においてはヘッドー軟磁性層間のスペーシングを低減するという観点からも、層厚は 5 nm 以下である必要があると考えられる。

#### 【0143】

##### 実施例 5

CoCrPtB 弱磁性下地層の Cr と B の組成を以下のように変化させる以外は、実施例 1 と同様にして、種々の垂直磁気記録媒体を作製した。

#### 【0144】

得られた垂直磁気記録媒体について、実施例 2 と同様にして VSM による  $M_s$  の評価を、および実施例 1 と同様にして記録再生特性の評価を行った結果も併せて以下に示す。

#### 【0145】

組成 (at. %)	$M_s$ (emu/cc)	$S/N_m$ (dB)
Co-28Cr-10Pt-6B	25	19.0
Co-28Cr-10Pt-5B	50	19.8
Co-27Cr-10Pt-6B	100	19.6
Co-25Cr-10Pt-7B	120	19.8
Co-25Cr-10Pt-6B	150	19.4
Co-23Cr-10Pt-6B	190	18.8

$M_s$  が 50 ないし 150 emu/cc の範囲で相対的に良好な  $S/N_m$  が得られ、この範囲を外れると  $S/N_m$  が低下するという結果が得られた。

#### 【0146】

##### 実施例 6

CoCrPtMo 強磁性下地層の Cr 組成を以下のように変化させる以外は、実施例 1 と同様にして、種々の垂直磁気記録媒体を作製した。

#### 【0147】

得られた垂直磁気記録媒体について、実施例 2 と同様にして VSM による  $M_s$  の評価を、および実施例 1 と同様にして記録再生特性の評価を行った結果も併せて以下に示す。

## 【0148】

組成 (a t. %)	M <sub>s</sub> (emu/cc)	S/N <sub>m</sub> (dB)
Co-10Cr-14Pt-5Mo	1080	18.8
Co-11Cr-14Pt-5Mo	970	19.4
Co-12Cr-14Pt-5Mo	880	20.0
Co-17Cr-14Pt-5Mo	370	19.8
Co-18Cr-14Pt-5Mo	280	19.4
Co-19Cr-14Pt-5Mo	170	19.4

M<sub>s</sub>が1000 emu/ccを超えると、S/N<sub>m</sub>が明らかに低下し、300 emu/cc未満では、S/N<sub>m</sub>が多少低下していた。このことから、好ましい M<sub>s</sub>の範囲はおよそ300ないし1000 emu/ccであると考えられる。

## 【0149】

## 実施例7

CoCrPtB弱磁性下地層の厚さを、3、5、9、15、20、及び25 nmと適宜変化させた以外は、実施例1と同様にして垂直磁気記録媒体を作製した。

## 【0150】

得られた垂直磁気記録媒体について、実施例1と同様にして記録再生特性の評価を行ったところ、線記録密度500 kFCIにおけるS/N<sub>m</sub>は、18.6、19.4、20.2、20.0、19.6、19.0 dBという結果となった。弱磁性下地層の厚さが5 nm未満と20 nmより厚いとき、相対的にS/N<sub>m</sub>が低下した。

## 【0151】

また、実施例4で、強磁性下地層の好ましい厚さが0.5ないし5 nmであったことと比較すると、強磁性下地層と比較して弱磁性下地層を厚くすることにより、記録層の結晶性を改善して媒体ノイズを低減する効果があり、さらに、強磁性下地層—記録層間の相互作用も適度に弱まるため、多層構造の効果が現れて媒体ノイズが低減されることが考えられる。

## 【0152】

#### 実施例 8

CoCrPtMo 強磁性下地層として、Co-16at%Cr-20at%Pt-2at%Ta、及び Co-10at%Cr-8at%Pt-16at%B を各々使用した以外は、実施例 1 と同様にして垂直磁気記録媒体を作製した。

#### 【0153】

得られた垂直磁気記録媒体について、実施例 1 と同様の記録再生特性の評価を行ったところ、線記録密度 500 kFCI における S/Nm は、それぞれ 19.8、20.0 dB となり、実施例 1 の CoCrPtMo 強磁性下地層と同等の良好な SNR が得られた。

#### 【0154】

また、CoCrPtMo 強磁性下地層を、Co-35at%Cr-8at%Pt-3at%Ta、Co-19at%Cr-10at%Pt-2at%Ta、Co-15at%Cr-4at%Ta、Co-19at%Cr-16at%Pt-1at%B、Co-18at%Cr-15at%Pt-1at%B、Co-20at%Cr-20at%Pt とした以外は、各々、実施例 1 と同様にして垂直磁気記録媒体を作製した。

#### 【0155】

得られた垂直磁気記録媒体について実施例 1 と同様の記録再生特性の評価を行ったところ、線記録密度 500 kFCI における S/Nm は、どれも比較例 1 に対して 0.2 dB 程度の増加したことから、強磁性下地層がない場合よりも改善が見られることがわかった。

#### 【0156】

#### 実施例 9

CoCrPtMo 垂直磁気記録層の代わりに、Co-18at%Cr-15at%Pt-1at%B 垂直磁気記録層とした以外は、実施例 1 と同様にして垂直磁気記録媒体を作製した。

#### 【0157】

得られた垂直磁気記録媒体について、実施例 1 と同様の記録再生特性の評価を行ったところ、線記録密度 500 kFCI における S/Nm は 19.8 dB とな

り、実施例 1 の CoCrPtMo 記録層と同等の良好な SNR が得られた。

#### 【0158】

このことから、垂直磁気記録層として CoCrPtB 合金を用いた場合でも、媒体ノイズを低減する効果があることがわかった。

#### 【0159】

CoCrPtMo 垂直磁気記録層の代わりに、Co-10at%Cr-16at%Pt-8at%SiO<sub>2</sub> (+加熱なし) を使用し、ガラス基板を加熱しないこと以外は、実施例 1 及び比較例 1 と同様にして、各々、垂直磁気記録媒体を作製した。

#### 【0160】

得られた垂直磁気記録媒体について、実施例 1 と同様にして記録再生特性の評価を行ったところ、CoCrPtMo 下地層を形成した場合は、線記録密度 500 kFCI における S/Nm は 17.2 dB とやや低い値であった。これに対し、CoCrPtMo 強磁性下地層を形成しない場合の S/Nm はさらに低く、16.4 dB であった。このことから、強磁性下地層の挿入による SNR 改善効果が見られることがわかった。

#### 【0161】

##### 実施例 10

軟磁性裏打ち層を Co-5at%Ta-5at%Zr 合金層に変更した以外は、実施例 1 と同様にして垂直磁気記録媒体を得た。

#### 【0162】

得られた垂直磁気記録媒体について、実施例 1 と同様の記録再生特性の評価を行ったところ、線記録密度 500 kFCI における S/Nm は 19.8 dB となり、実施例 1 の CoCrPtMo 記録層と同等の良好な SNR が得られた。

#### 【0163】

このことから、軟磁性裏打ち層として CoTaZr 合金を用いた場合でも、媒体ノイズを低減する効果があることがわかった。

#### 【0164】

加えて、軟磁性裏打ち層として、Co と、Zr、Hf、Nb、Ta、Ti、ま

たは Y とを組み合わせた軟磁性層を各々使用して種々の垂直磁気記録媒体を作成し、比較例 1 と同様の評価を行ったところ、 $S/N_m$  が  $\pm 0.4 \text{ dB}$  変動するものの同様の効果が得られることがわかった。

#### 【0165】

##### 実施例 11

軟磁性裏打ち層の厚さを  $100$  ないし  $400 \text{ nm}$  の範囲で変化させる以外は実施例 1 と同様にして、種々の垂直磁気記録媒体を作成した。

#### 【0166】

得られた垂直磁気記録媒体について、実施例 1 と同様の記録再生特性の評価を行ったところ、線記録密度  $500 \text{ k FCI}$  における  $S/N_m$  は、軟磁性裏打ち層の層厚が厚くなるほど改善した。

#### 【0167】

##### 実施例 12

$\text{CrMo}$  非磁性合金層と、 $\text{CoCrPt}$  硬磁性層を形成しないこと以外は、実施例 1 と同様にして垂直磁気記録媒体を作成した。

#### 【0168】

得られた垂直磁気記録媒体について、比較例 1 と同様の記録再生特性の記録再生特性の評価を行ったところ、再生信号と同程度の大きさのスパイクノイズが複数観測された。これは、面内硬磁性層がないために軟磁性裏打ち層の磁化容易軸方向がディスクの半径方向に固定されず、磁壁が発生したことを示している。しかしながら、線記録密度  $500 \text{ k FCI}$  における  $S/N_m$  は、実施例 1 とほぼ同等の値であった。このことから、面内硬磁性層を形成することはスパイクノイズの抑制に効果があることがわかった。

#### 【0169】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、垂直磁気記録層の磁性粒子の粒径が微細化され、媒体ノイズが低く高密度記録に好適な垂直磁気記録が可能となる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の垂直磁気記録媒体の第 1 の例を表す概略断面図

- 【図 2】 本発明の垂直磁気記録媒体の第 2 の例を表す概略断面図  
【図 3】 本発明の垂直磁気記録媒体の第 3 の例を表す概略断面図  
【図 4】 本発明の垂直磁気記録媒体の第 4 の例を表す概略断面図  
【図 5】 本発明の磁気記録再生装置の一例を一部分解した斜視図  
【図 6】 本発明の垂直磁気記録媒体の第 5 の例を表す概略断面図  
【図 7】 配向制御層／弱磁性下地層試験用媒体の磁化曲線を表すグラフ図  
【図 8】 配向制御層／強磁性下地層／弱磁性下地層試験用媒体の磁化曲線  
を表すグラフ図

【図 9】 配向制御層／強磁性下地層／弱磁性下地層／垂直磁気記録層試験  
用媒体の磁化曲線を表すグラフ図

【図 10】 配向制御層／弱磁性下地層／垂直磁気記録層試験用媒体の磁化  
曲線を表すグラフ図

【図 11】 図 9 の磁化曲線から図 8 の磁化曲線を差し引いたグラフ図

【図 12】 図 10 の磁化曲線から図 7 の磁化曲線を差し引いたグラフ図

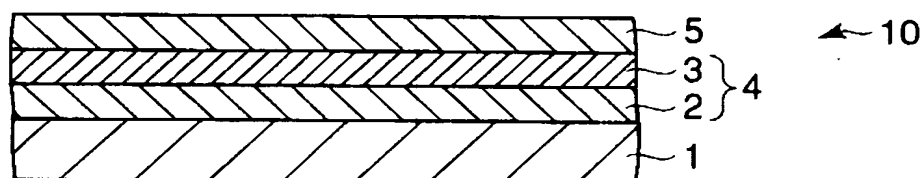
【符号の説明】

1…非磁性基板、2、12…強磁性下地層、3、13…弱磁性下地層、  
4、9、19…積層下地層、5、15…垂直磁気記録層、6、16…軟磁性裏打  
ち層、7、17…面内硬磁性層、8、18…配向制御層、10、20、30、4  
0、50…垂直磁気記録媒体、22…保護層、121…磁気ディスク、122…  
スピンドル、123…スライダー、124…サスペンション、125…アーム、  
126…ボイスコイルモータ、127…固定軸

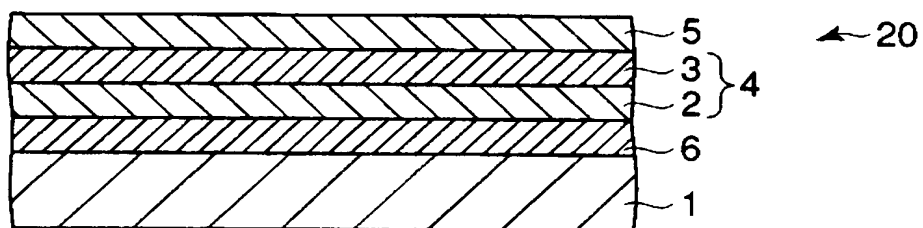
【書類名】

図面

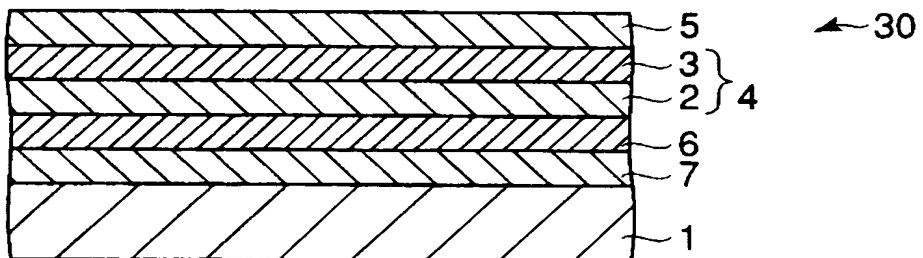
【図 1】



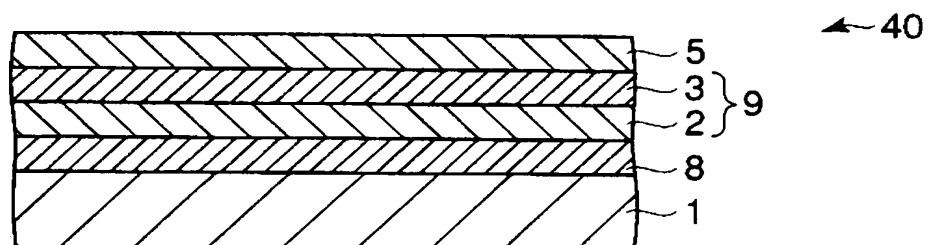
【図 2】



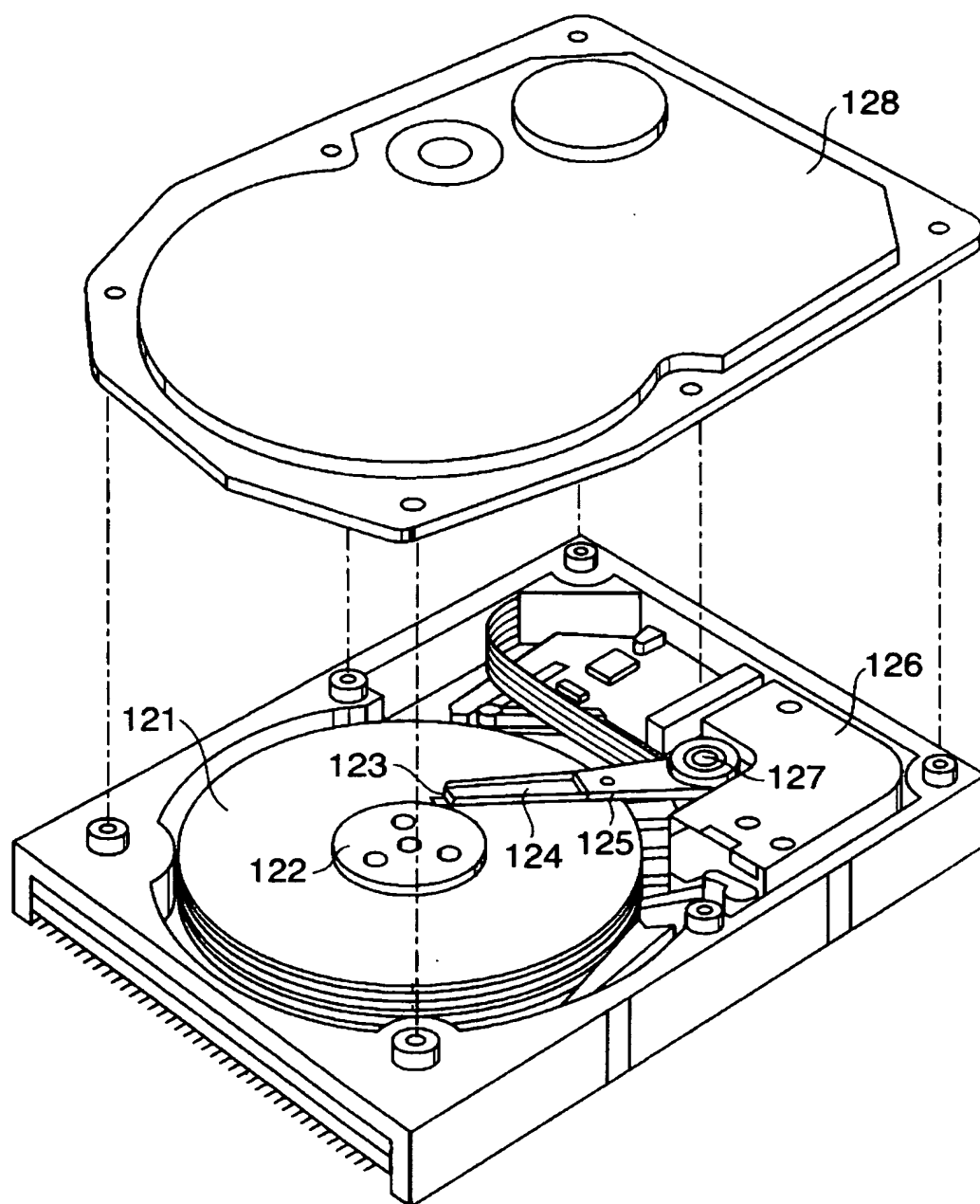
【図 3】



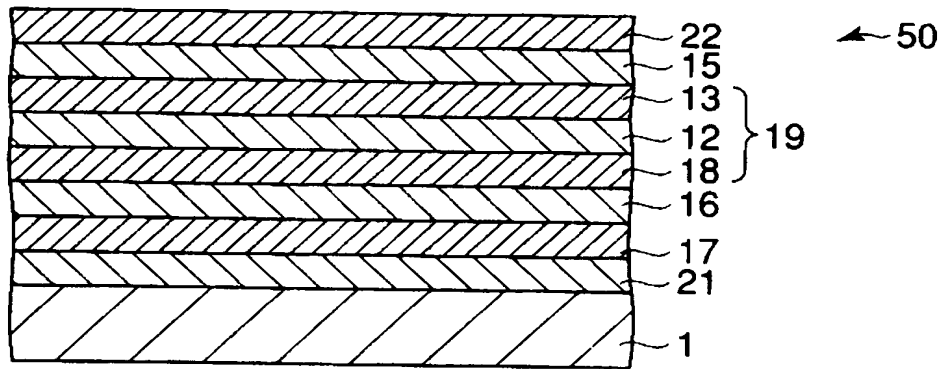
【図 4】



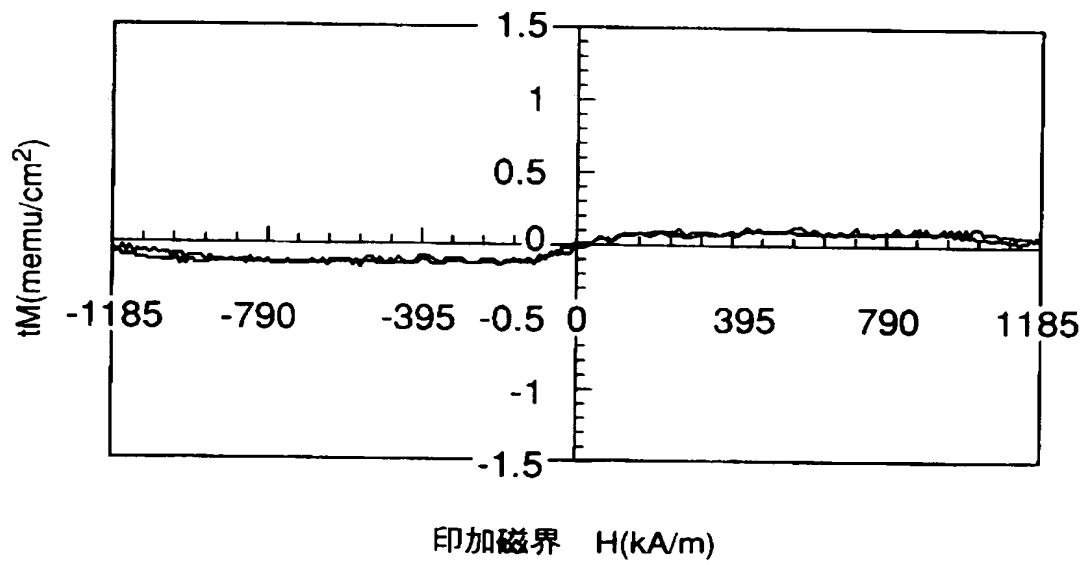
【図 5】



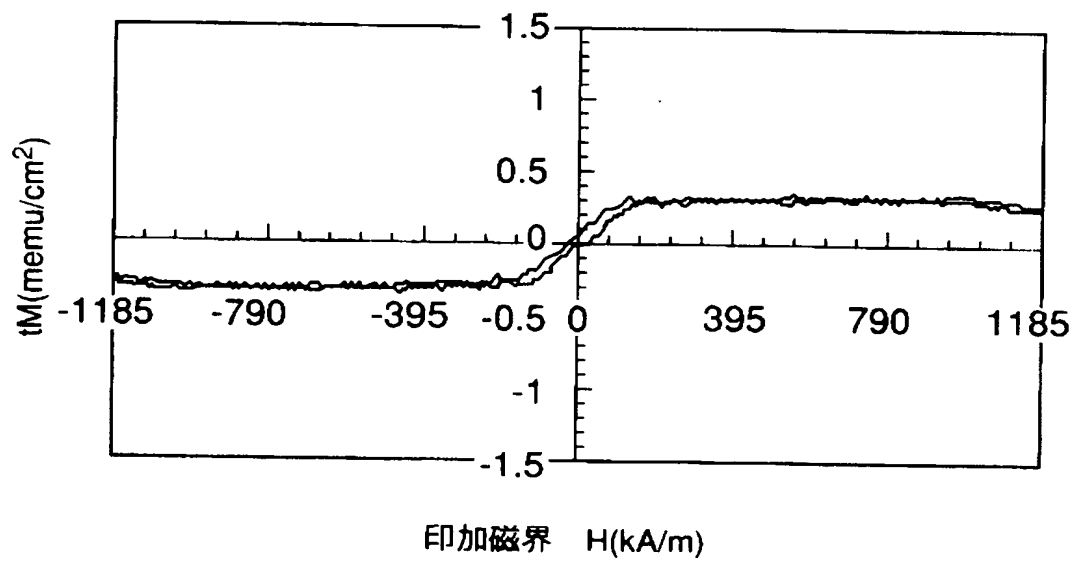
【図 6】



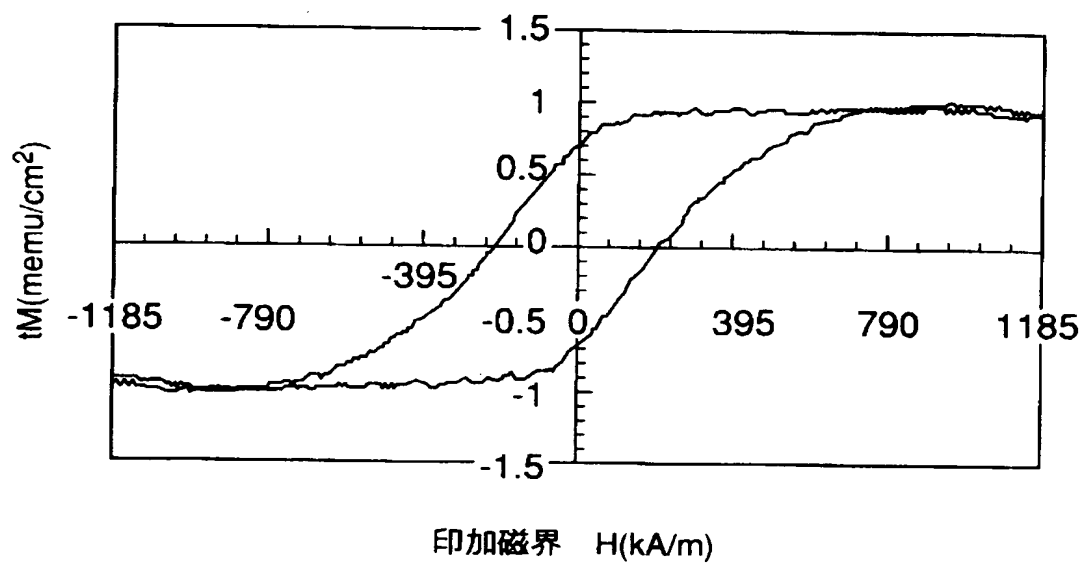
【図 7】



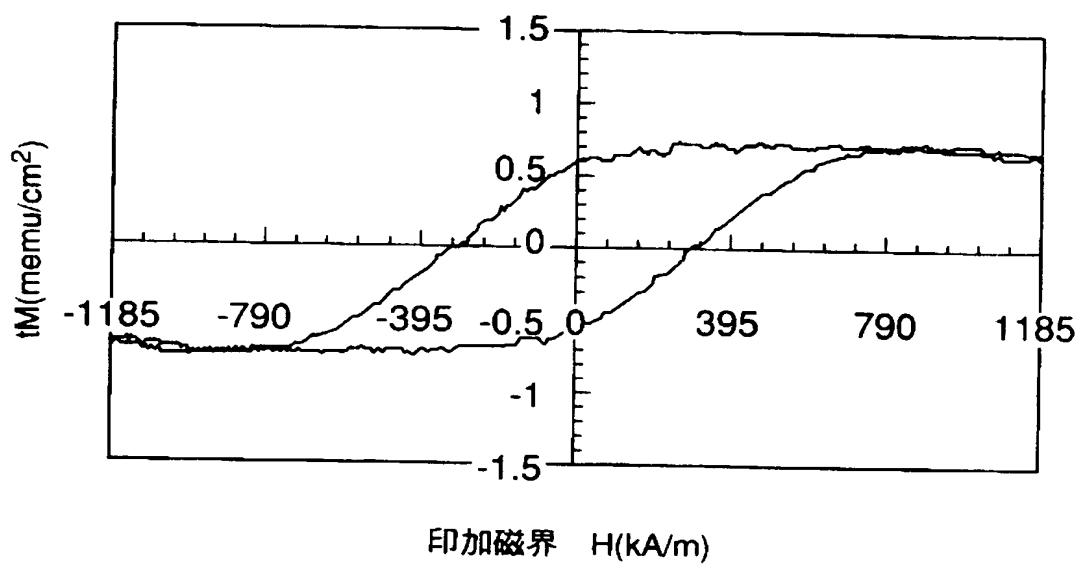
【図 8】



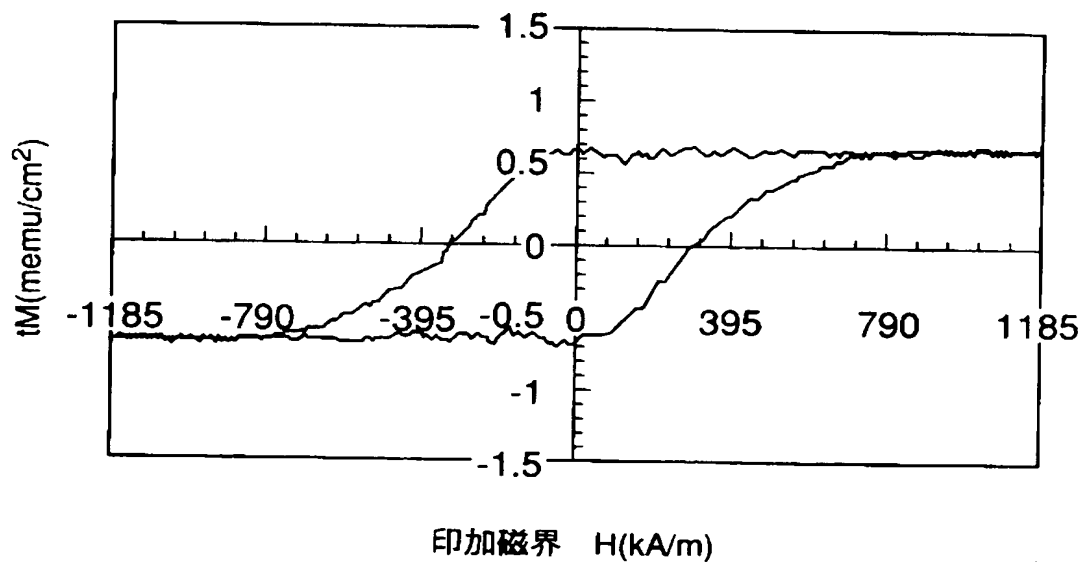
【図 9】



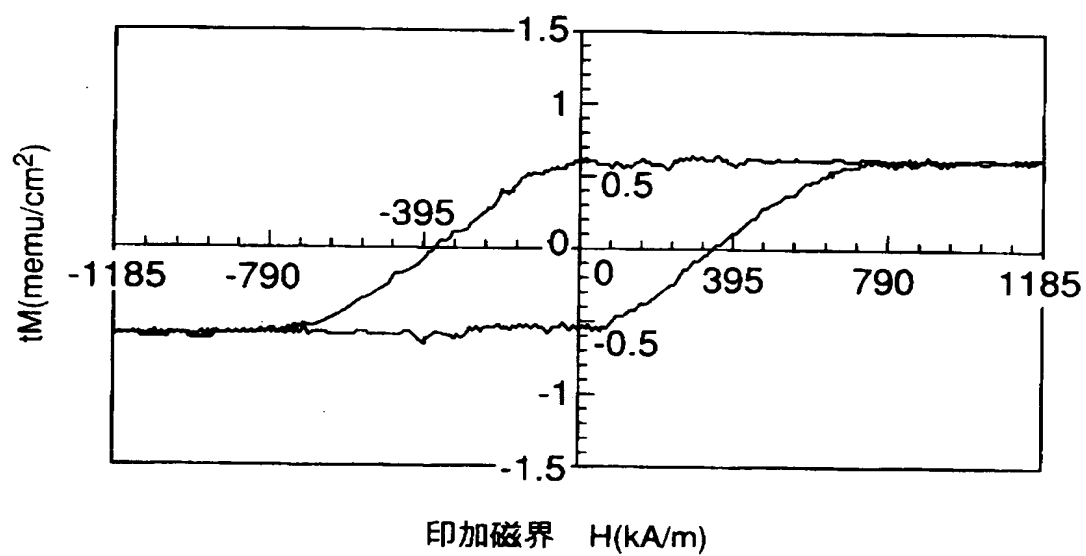
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁気記録層の磁性粒子が微粒子化され、低ノイズで、高密度記録に好適な垂直磁気記録媒体を得る。

【解決手段】  $39.5 \text{ kA/m}$ 以下の垂直保磁力を有する強磁性下地層、及び  $50 \text{ emu/cc}$ ないし  $150 \text{ emu/cc}$ の飽和磁化 $M_s$ を有する弱磁性下地層を含む積層下地層を設ける。

【選択図】 図1

特願 2003-097318

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日

2001年 7月 2日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目1番1号

氏 名

株式会社東芝

特願 2003-097318

出願人履歴情報

識別番号

[000002004]

1. 変更年月日

1990年 8月27日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝大門1丁目13番9号

氏 名

昭和電工株式会社